



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Eficiencia de la electrocoagulación para la reducción de los niveles de  $\text{DBO}_5$  y DQO en los lixiviados generados en el relleno sanitario “El Zapallal” 2015.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR

CARLOS MANUEL MAURICIO SÁNCHEZ

ASESORA

Mag. Martha Kelly Avilés Pavón

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2015-II

## **PAGINAS PRELIMINARES**

### **Página del jurado**

.....  
Mag. Verónica Tello Mendivil

.....  
Mag. Martha Kelly Avilés Pavón

.....  
Mag. Haydee Suarez Alvites

### Dedicatoria

A mi familia, que son el motivo y los responsables de este gran logro, y quienes me guiaron a lo largo de este camino para culminar esta etapa en mi vida personal y profesional.

### Agradecimiento

A mi asesora, la profesora Martha Kelly Avilés Pavón, por su tiempo, dedicación, recomendaciones, paciencia y guía hasta culminar esta investigación.

A mi hermano Edi Joel Mauricio Sánchez, por su gran y oportuno apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A mi tía Neli y Joba Mauricio Urbina la Ing. Milagro Pérez Ártica, y todas las personas que directa e indirectamente influyeron y colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Carlos Manuel Mauricio Sánchez, identificado con DNI N° 47041469, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Diciembre del 2015

---

DNI: 47041469

Carlos Manuel Mauricio Sánchez

## Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Eficiencia de la electrocoagulación para la reducción de los niveles de  $\text{DBO}_5$  y DQO en los lixiviados generados en el relleno sanitario “El Zapallal” 2015”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Carlos Manuel Mauricio Sánchez

## INDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION	11
1.1 Realidad Problemática	11
1.2 Trabajos previos	12
1.3 Marco Teórico	16
1.3.1 Residuos sólidos	16
1.3.2 Relleno sanitario	18
1.3.3 Marco Legal de la disposición final de R.S.	20
1.3.4 Relleno sanitario “El Zapallal”	21
1.3.5 Lixiviados	29
1.3.6 Electroquímica	31
1.3.7 Electrocoagulación (EC)	33
1.3.8 Factores que afectan la electrocoagulación (EC)	37
1.3.9 Aspectos técnicos de operación de electrocoagulación	38
1.3.10 Aplicación de la electrocoagulación (EC)	39
1.3.11 Ventajas y desventajas de la electrocoagulación (EC)	39
1.4 Formulación del problema	40
1.4.1 General	40
1.4.2 Específicas	40
1.5 Justificación del estudio	41
1.6 Hipótesis	42
1.7 Objetivos	42
1.7.1 General	42
1.7.2 Específicos	42
II. METODO	43
2.1 Diseño de investigación	43
2.2 Operacionalización de Variables	43
2.3 Población y muestra	44
2.3.1 Criterios de selección	49
2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	49
2.4.1 Técnicas	49
2.4.2 Instrumentos	54
2.4.3 Validez de los instrumentos	54
2.4.4 Confiabilidad de los Instrumentos	55
2.4.5 Procesamiento estadístico	55
2.5 Métodos de análisis de datos	56
2.6 Aspectos éticos	56
III. RESULTADOS	57
3.1 Descripción de resultados	57
3.2 Prueba de Hipótesis	63
IV. DISCUSION	66
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS	70
ANEXOS	74

## INDICE TABLAS

Tabla N° 1 Composición Típica de Lixiviados	30
Tabla N° 2 Cuadro de Operacionalización de variables	44
Tabla N° 3 Distribución de muestras	45
Tabla N° 4 Parámetros para caracterización de los lixiviados	46
Tabla N° 5 Parámetros para la caracterización y su técnica	53
Tabla N° 6 Parámetros a medir antes y después de la electrocoagulación	53
Tabla N° 7. Consolidado y validación del instrumento	55
Tabla 8 Características de Lixiviados generados en el relleno sanitario El Zapallal.	57
Tabla 9 Resultados de la electrocoagulación en diferentes tiempos y Voltajes	58
Tabla 10 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.1 V.	58
Tabla 11 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.1 V.	58
Tabla 12 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.5 V.	59
Tabla 13 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.5 V.	59
Tabla 14 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.9 V.	59
Tabla 15 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, utilizando 1.9 V.	60
Tabla 16 Condiciones óptimas para la aplicación de la electrocoagulación	62
Tabla 17 Condiciones físicas y químicas óptimas para la aplicación de la electrocoagulación.	63
Tabla 18 Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según estadísticos de contraste, en la reducción de DBO <sub>5</sub> en Lixiviados	64
Tabla 19 Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según estadísticos de contraste, en la reducción de DQO en Lixiviados	64

## INDICE FIGURAS

Figura N° 1 Ubicación del relleno sanitario El Zapallal	22
Figura N° 2 Proceso General de Disposición final de Residuos Sólidos	24
Figura N° 3 Etapa operativa de Disposición final de Residuos Sólidos	24
Figura N° 4 Variación del DBO <sub>5</sub> y DQO, entre los años 2004-2014	27
Figura N° 5 Diagrama de la celda electrolítica	51
Figura N° 6 Tanque de electrocoagulación	52
Figura N° 7 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO	60
Figura N° 8 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO, en los lixiviados tratados mediante la electrocoagulación- en 1.1 V.	61
Figura N° 9 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO en los lixiviados tratados mediante la electrocoagulación en 1.5 V.	61
Figura N° 10 Niveles de reducción del DBO <sub>5</sub> y DQO en los lixiviados tratados mediante la electrocoagulación en 1.9 V.	62



## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia de la electrocoagulación en la reducción de los niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario El Zapallal, parámetros que sobrepasan en 800% y 912.7% respectivamente, considerando los valores máximos admisibles establecidos en la Resolución de Consejo Directivo N° 044-2012-SUNASS-CD y su modificatoria. En la presente investigación inicialmente se realizó la caracterización de los lixiviados, logrando con ello determinar la concentración de cada parámetro que lo conforma, principalmente  $\text{DBO}_5$  y DQO, a fin de determinar la remoción que se logra con la electrocoagulación. La electrocoagulación se realizó mediante un equipo elaborado para la presente investigación, el cual está conformado por un generador eléctrico con regulación de voltaje, pecera con dos compartimientos, para captación y pre sedimentación y compartimiento para la reacción, planchas de aluminio y cobre, transmisores de energía (cocodrilos) y equipo para medición de parámetros de campo. Se logró definir factores principales para el tratamiento (Potencial eléctrico (voltios) y duración de operación) para el sistema de remediación de los lixiviados, teniendo en cuenta los valores máximos en la disminución de los valores de  $\text{DBO}_5$  y DQO; obtenidos al reducir o aumentar el potencial eléctrico (voltios) y duración del tratamiento, manteniendo constante el volumen de lixiviado, tipo de electrodos y distancia entre electrodos. Por último, se determinó una eficiencia de 39.9% de remoción del  $\text{DBO}_5$  y 7.4% en DQO, al aplicar la electrocoagulación.

**Palabras Clave:** Electrocoagulación, Voltaje, Lixiviados,  $\text{DBO}_5$  y DQO.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation was to determine the efficiency of electrocoagulation in reducing the levels of the Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) and the Chemical Oxygen Demand (COD) of the leachates generated in the El Zapallal Sanitary Landfill, parameters that Exceed 800% and 912.7%, respectively, considering the maximum admissible values established in the Resolution of Directing Council No. 044-2012-SUNASS-CD and its modification. In the present investigation, the characterization of the leachates was carried out, in order to determine the concentration of each parameter, mainly DBO<sub>5</sub> and COD, in order to determine the removal that is achieved with electrocoagulation. The electrocoagulation was carried out by a team developed for the present investigation, which is made up of an electric generator with voltage regulation, fish tank with two compartments, for capturing and pre-settling and compartment for reaction, aluminum and copper plates, transmitters Energy (crocodiles) and equipment for measuring field parameters. It was possible to define main factors for the treatment (electric potential (volts) and duration of operation) for the leachate remediation system, taking into account the maximum values in the decrease of the BDO<sub>5</sub> and COD values; Obtained by reducing or increasing the electrical potential (volts) and duration of treatment, keeping the leach volume, type of electrodes and distance between electrodes constant. Finally, an efficiency of 39.9% of BOD<sub>5</sub> removal and 7.4% of COD was determined, when electrocoagulation was applied.

**Key Words:** Electrocoagulación, Voltaje, Lixiviados, DBO<sub>5</sub> y DQO.